

Investigación Adaptación al cambio climático en los municipios de Sulaco, Victoria (Yoro), La Libertad y Las Lajas (Comayagua)

con enfoque de género y seguridad alimentaria

Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra
Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Informe: Análisis Hidroquímico

Por: IHCIT - UNAH

Ing. Jeniffer Brizzio Valenzuela

Con la colaboración de Alejandra Reyes y Joselline Núñez

Tegucigalpa M.D.C, Honduras

Vo.Bo. _____

Agradecimiento:

A todas las mujeres y hombres líderes y lideresas de las comunidades, a las autoridades municipales de Las Lajas, La Libertad en el departamento de Comayagua y Victoria y Sulaco en el departamento de Yoro que participaron con dedicación y responsabilidad y compartieron sus experiencias y conocimientos para que este documento fuera posible.

A la población Tolupán y su Consejo de Tribu de las vegas de Tepemechín, por compartir sus saberes ancestrales y su cosmovisión para efectos de la investigación.

A los equipos técnicos de Ayuda en Acción en el Área de Desarrollo Territorial Comayagua Norte y la Fundación para la Acción Comunitaria en Honduras (FUNACH) por su acompañamiento y apoyo en la realización de cada una de las actividades.

A las autoridades de cada municipio que participaron y apoyaron la rea

Este estudio y su publicación ha sido realizada en el marco del Convenio Nacional “mejora de las capacidades de resiliencia de la población y sus medios de vida, para luchar contra la inseguridad alimentaria, afrontar las crisis de origen natural o antrópico y reducir las condiciones de pobreza, con un enfoque de equidad de género y derechos. Honduras. Convenio AeA / AECID 14-CO1-021”, implementado por Ayuda en Acción con apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). El contenido de dicha publicación es responsabilidad exclusiva de Ayuda en Acción y el Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y no refleja necesariamente la opinión de la AECID.

El Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra a través de la Fundación de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras participa como organización socia de la Fundación Ayuda en Acción en el marco del Convenio antes descrito.

Derechos Reservados.

Su reproducción parcial o total puede ser realizada siempre y cuando se cite la fuente.

Contenido

1	Introducción.....	4
2	Objetivo.....	4
2.1	Objetivos Específicos:	4
3	Justificación.....	5
4	Marco Teórico.....	5
	Hidroquímica.....	5
	Parámetros a analizar	5
5	Metodología.....	6
5.1	Recolección de muestras de agua.....	7
5.2	Análisis de las muestras de agua.....	7
6	Resultados.....	8
6.1	Listado de Análisis Realizados.....	8
6.2	Interpretación de los resultados	14
6.2.1	Conjunto A.....	15
6.2.2	Conjunto B.....	20
6.2.3	Conjunto C.....	25
7	Conclusiones.....	29
8	Recomendaciones	30
9	Bibliografía.....	30

1 Introducción

La importancia del agua para la humanidad reside no solo en que es vital para el buen funcionamiento de nuestro organismo, sino que también influye en aspectos importantes del desarrollo de nuestra sociedad, por ejemplo, en la seguridad alimentaria, la salud y la reducción de la pobreza ya que es sostén del crecimiento económico de la agricultura, la industria y la generación de energía (Global Water Partnership, 2014)

Según La Ley General del Agua vigente de Honduras, el agua es un recurso esencial para la vida, el desarrollo social y económico. Su protección y conservación constituye una acción prioritaria del Estado. La gestión integral del recurso, vinculada al ciclo hídrico y el entorno natural, se hará con la participación y responsabilidad de todas las instancias de Gobierno, sus organizaciones o del pueblo organizado (Congreso Nacional de Honduras, 2009). Es por ello que las Juntas de Agua u otra organización, como todos los abonados del servicio hídrico de cada una de las comunidades de nuestro país, tienen la responsabilidad de salvaguardar este recurso.

Debido a lo anterior y que el cambio climático representa en la actualidad uno de los grandes desafíos que el recurso hídrico enfrenta pues según lo establece la Estrategia Nacional de Cambio Climático “La amenaza climática más importante para este el sector hídrico es la reducción del volumen de lluvia y las sequías; las cuales reducirían la disponibilidad de agua para todos sus usos, debido a una disminución en la capacidad de infiltración y en el reaprovisionamiento de los acuíferos.”, este proyecto, contempla esa realidad para servir con información relevante y la generación de acciones a esa realidad que se enfrenta.

2 Objetivo

Obtener una visión general de la composición química del agua de consumo de las comunidades incluidas en el estudio y cómo es afectada por la geología de la zona en que se encuentran las tomas de agua.

2.1 Objetivos Específicos:

- Realizar estudios de caracterización hidroquímica de las fuentes de agua más frecuentadas en las diferentes comunidades que integran el proyecto.
- Desarrollar un censo y muestreo de pozos, manantiales y tomas de agua dentro del área de influencia directa, para establecer la red de monitoreo.
- Formular propuestas de medidas de adaptación para las comunidades hídricas participantes.

3 Justificación

El agua un recurso indispensable para la vida y el desarrollo de las poblaciones, la calidad del agua es un concepto sujeto a modificaciones de acuerdo al uso al que está destinada. La calidad del agua a ser consumida es una de las principales preocupaciones de las instituciones gubernamentales que suplen este servicio, y de varias organizaciones internacionales como la OMS y la FAO.

Caracterizar la calidad del agua que proviene de diversas fuentes es una de los primeros pasos para brindar agua de calidad a las familias que dependen de estas. Con los datos obtenidos de los análisis del agua se puede planificar el manejo, distribución y tratamiento adecuado para dicho recurso, esto de acuerdo con su uso final.

4 Marco Teórico

Hidroquímica

Es la ciencia de la composición química de las aguas naturales y las leyes que rigen los cambios en la composición como resultado de los procesos químicos, físicos y biológicos que ocurren en el ambiente circundante. Puesto que es la ciencia de la química de la hidrosfera, la hidroquímica es parte de la geoquímica y la hidrología.

La hidroquímica es importante para el desarrollo de una serie de ciencias relacionadas, incluyendo petrología, mineralogía, ciencias del suelo, hidrogeología e hidrobiología. El conocimiento de la composición química del agua (que determina su calidad) es necesario para aquellas áreas de actividad práctica como el suministro de agua, el riego y el cultivo de peces. Los datos hidroquímicos son importantes para evaluar la corrosión de los materiales de construcción (hormigón y metal), en el análisis de las aguas minerales, en la prospección de minerales (petróleo, minerales y sustancias radiactivas) y similares. El estudio de la composición química del agua se hace particularmente importante cuando se combate la contaminación de las cuencas de agua por las aguas residuales. (The Gale Group Inc., 2010)

Parámetros a analizar

Niveles recomendados según la Norma Técnica para de la Calidad del Agua Potable de Honduras, Acuerdo No.084.

Tabla 1. Parámetros Fisicoquímicos y sustancias no deseadas

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	μS/cm	400	--
Dureza	mg/L CaCO ₃	400	--
Sulfatos	mg/L	25	250
Calcio	mg/L CaCO ₃	100	--
Magnesio	mg/L CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L	--	10
Amonio	mg/L	0.05	0.5
Nitratos-NO ₃	mg/L	25	50
Nitritos-NO ₂	mg/L	--	(1)
Hierro	mg/L	--	0.3
Manganeso	mg/L	0.01	0.5

(1) Nitritos: Valor máximo admisible 0.1 ó 3.0

(2) 1.5 mg/L T = 8-12 °C

0.7 mg/L T = 25-30 °C

Nota V.R. = Valor recomendado.

Si se escoge el valor de 3.0 debe relacionarse el nitrato y el nitrito por la siguiente fórmula

$$\frac{[NO_3]}{V.R.NO_3} = \frac{[NO_2]}{V.R.NO_2}$$

Tabla 2. Parámetro para sustancia inorgánica con significado para la salud para la salud

Parámetro	Unidad	Valor máximo admisible
Plomo	mg/L	0.01

(Ministerio de Salud, 1995)

5 Metodología

Como parte del proyecto se realizó una caracterización fisicoquímica del agua recibida, para esto se hizo un muestreo en las fuentes de agua y posterior análisis en el laboratorio.

5.1 Recolección de muestras de agua.

La recolección de las muestras de agua se realizó a finales del mes de septiembre de 2016 y en el mes de abril del presente año. Estas muestras se trataron en el sitio y se almacenaron según lo indicado para cada tipo de análisis a realizar, se recolectaron 4 envases de muestra en cada comunidad por las diferencias en su conservación.

5.2 Análisis de las muestras de agua

Los análisis se realizaron en dos laboratorios diferentes:

Los análisis de plomo, alcalinidad, sodio y manganeso para el primer muestreo y de alcalinidad, sodio, potasio, hierro, manganeso y plomo para el segundo muestreo se realizaron en el laboratorio adjunto de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica, haciendo uso del método de espectrofotometría de absorción atómica.

Los análisis restantes se realizaron en el laboratorio del Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra (IHCIT) en Ciudad Universitaria haciendo uso del método de colorimetría.

Tabla 4. Métodos de análisis utilizados

Métodos Utilizados en el laboratorio del IHCIT	
Aparato: Espectrofotómetro HACH DR 3900	
Parámetro	Método
Nitritos [mg/L NO ₂ --N]	USEPA Diazotization Method –Powder Pillows-
Nitratos [mg/L NO ₃ --N]	Cadmium Reduction Method-Powder Pillows-
Nitrógeno Amoniacal [NH ₃ -N]	USEPA Nessler Method
Fosfatos [mg/L PO ₄ 3-]	PhosVer3® (Ascorbic Acid) Method –Powder Pillows-
Cloruros [mg/L Cl-]	Mercuric Thiocyanate Method
Dureza [mg/L Ca y Mg como CaCO ₃]	Calmagite Colorimetric Method
Hierro [mg/L]	USEPA FerroVer® Method –Powder Pillows-
Sulfatos [mg/L SO ₄ 2-]	SulfaVer4® Method –Powder Pillow-
Potasio [mg/L]	Tetraphenylborate Method –Powder Pillows-

6 Resultados

6.1 Listado de Análisis Realizados

Tabla 5. Resultados Análisis de Muestras Recolectadas en Septiembre 2016 y Abril-Mayo 2017.

CÓDIGO DE MUESTRA	Cond. Microsiemens Muestra 1	Cond. Microsiemens Muestra 2	TDS (mg/L) Muestra 1	TDS (mg/L) Muestra 2	Mg (mg/L CaCO ₃) Muestra 1	Mg (mg/L CaCO ₃) Muestra 2	Ca (mg/L CaCO ₃) Muestra 1	Ca (mg/L CaCO ₃) Muestra 2
Valor Máximo Admisible por la NCAPH	400 recomendado	400 recomendado	1000		50	50	100 (recomendado)	100 (recomendado)
MA-LAGUNA	0.032448	MNE	0.0208	MNE	2.2	MNE	0.45	MNE
CURURO	0.038376	35	0.0246	22,435	2.87	2,79	0	0,34
CHORRITO	0.036192	27	0.0232	17,307	0.15	2,72	0	0,08
LLA-LT-01	0.1404	24	0.09	15,384	0.47	1,66	1.2	2,28
LLA-LPI-01	0.019032	36	0.0122	23,076	0.6	2,44	1.14	0,99
LLA-LA-01	0.13728	24	0.088	15,384	0.53	2,15	0.91	1,37
LLA-LA-02	0.020124	39	0.0129	24,999	1.43	3,33	1.6	0,12
LLA-LA-03	MNE	MNE	MNE	MNE	2.2	MNE	1.1	MNE
LLA-LPA-01	0.10608	20	0.068	12,82	0.83	1,79	1.39	1,98
LLA-CU-01	0.036816	23	0.0236	14,743	0.4	1,64	1.32	1,8
LLA-CU-02	0.02964	26	0.019	16,666	0.46	1,61	1.36	2,05
LLA-CU-03	0.0273	24	0.0175	15,384	0.91	1,98	2.72	1,2
LLA-CU-04	0.15288	203	0.098	130,123	1.85	2,63	1.43	0,09
LLI-TRT-01	0.020592	45	0.0132	28,845	1.25	2,22	2.2	0,99
LLI-TRT-02	0.031668	41	0.0203	26,281	1.56	1,94	1.68	1,8
LLI-TRT-03	0.021216	52	0.0136	33,332	1.37	2,36	1.62	0,65
LLI-CBC-01	0.015132	70	0.0097	44,87	2.51	3,14	0.81	0,01
LLI-EE-01	0.03042	65	0.0195	41,665	2.42	3,23	0.17	0,72
LLI-MNT-01	0.01872	12	0.012	7,692	2.88	3,66	0	0,31
VI-TA-01	MNE	105	MNE	67,305	2.37	2,74	0.09	0,01
VI-TA-02	0.168636	342	0.1081	219,222	2.11	2,73	0	1,58
VI-TA-03	0.164268	367	0.1053	235,247	2.19	2,56	0.16	0,33

VI-TA-04	0.178776	443	0.1146	283,963	2.12	2,19	0.15	0,52
VI-GCP-01	0.1989	167	0.1275	107,047	1.93	2,51	0.11	0,27
VI-MNZ-01	0.241644	429	0.1549	274,989	2.06	2,11	0.18	0,15
VI-CU-01	0.227136	390	0.1456	249,99	1.55	2,18	0.24	0,26
VI-LOJI-01	0.190008	365	0.1218	233,965	1.78	2,2	0.09	1,31
VI-LCAR-01	0.22386	469	0.1435	300,629	0	1,45	0.12	0,4
VI-LCAR-02	0.215904	400	0.1384	256,4	2.21	1,63	0	0,27
VI-LCAR-03	0.217152	445	0.1392	285,245	1.86	2,58	0.21	0
VI-LCAR-04	0.263484	426	0.1689	273,066	1.67	1,95	0.1	0,19
VI-LCAR-05	0.06552	53	0.042	33,973	2.56	2,66	0	0,27
VI-LCAR-06	0.293592	467	0.1882	299,347	0.5	2,38	0.18	0,07
SU-CGT-01	0.137748	208	0.0883	133,328	2.22	2,57	0.19	0,43
SU-CGT-02	0.179244	414	0.1149	265,374	2.09	2,23	0.15	0,24
SU-CGT-03	MNE	229	MNE	146,789	2.14	1,82	0.05	0,2
SU-CGT-04	0.23244	267	0.149	171,147	2.29	2,23	0.06	0,06
SU-CGT-05	0.20358	445	0.1305	285,245	1.6	1,77	0.14	0,04
SU-CU-01	0.137904	251	0.0884	160,891	0	0,91	0	2,79
SU-LACA-01	0.132444	302	0.0849	193,582	1.62	1,9	0.44	0,78
SU-ELCA-01	0.147732	343	0.0947	219,863	1.17	1,22	0.62	1,16
SU-ELCA 02	0.086892	250	0.0557	160,25	2	1,71	0.18	0,19

Continuación de la tabla 5

CÓDIGO DE MUESTRA	Hierro (mg/L) Muestra 1	Hierro (mg/L) Muestra 2	Potasio (mg/L) Muestra 1	Potasio (mg/L) Muestra 2	Sulfatos (mg/L) Muestra 1	Sulfatos (mg/L) Muestra 2	Amonio (mg/L) Muestra 1	Amonio (mg/L) Muestra 2
Valor Máximo Admisible por la NCAPH	0.3	0.3	10	10	250	250	0.5	0.5
MA-LAGUNA	0.49	MNE	3.3	MNE	3	MNE	0.08	MNE
CURURO	1.65	0,211	5.7	2,88	0	0	0.32	0,07
CHORRITO	0.03	0,171	2.5	3,54	1	1	0.01	0,01

LLA-LT-01	0.02	0,008	4.4	3,48	0	0	0	0,03
LLA-LPI-01	0.02	0,016	63	5,6	0	2	0	0,26
LLA-LA-01	0.03	0,002	5.4	3,95	1	1	0.01	0,03
LLA-LA-02	0.06	0,048	5.3	4,82	2	1	0.03	0,01
LLA-LA-03	0.06	MNE	5.3	MNE	MNE	MNE	0.4	MNE
LLA-LPA-01	0.04	0,02	4	3,2	2	0	0	0,07
LLA-CU-01	0.01	0,081	4.6	4,02	0	0	0.08	0,08
LLA-CU-02	0.02	0,02	4.7	3,85	2	0	0.02	0,01
LLA-CU-03	0	0,014	1.4	3,57	6	0	0.06	0
LLA-CU-04	0.08	0,029	5.1	4,43	0	16	0.02	0,13
LLI-TRT-01	0.21	0,399	3.8	1,97	1	0	0.1	0,03
LLI-TRT-02	0.4	0,626	5.6	2,41	3	1	0.3	0,29
LLI-TRT-03	0.15	0,291	4.8	3,21	2	1	MNE	0,14
LLI-CBC-01	0.04	0,028	1.5	0,77	2	0		0,05
LLI-EE-01	0.2	0,027	5	1,28	0	4		0,26
LLI-MNT-01	0.02	0,022	2.9	1,93	4	3		0,07
VI-TA-01	0.03	0,018	1.3	0,29	1	2	0	0
VI-TA-02	0.05	0,706	2.2	0,81	2	1	0.02	0,06
VI-TA-03	0.01	0,022	0.04	0,78	1	5	0	0,08
VI-TA-04	0.05	0,200	1.5	0,60	0	6	0.03	0,03
VI-GCP-01	0.22	0,008	1.7	1,10	5	14	0.1	0,04
VI-MNZ-01	0.03	0,007	1.5	1,76	0	5	0	0,06
VI-CU-01	0.03	0,010	1.3	1,05	2	9	0.03	0,11
VI-LOJI-01	0.01	0,009	1.6	0,90	2.2	7	0.02	0,02
VI-LCAR-01	0.02	0,028	1.1	0,60	1	6	0	0,01
VI-LCAR-02	0.05	0,036	1.7	0,16	0	4	0.02	0,21
VI-LCAR-03	0.03	0,039	1.1	0,21	0	1	0	0,01
VI-LCAR-04	0.2	0,112	1.3	0,71	2	0	0.02	0,01
VI-LCAR-05	0.1	0,010	1.2	0,19	0	1	0.01	0,05
VI-LCAR-06	0.04	0,038	1.2	0,61	2	1	0.01	0,1

SU-CGT-01	0.02	0,020	0.6	0,67	2	5	0	0,04
SU-CGT-02	0.32	0,003	1.2	0,47	0	11	0.18	0,02
SU-CGT-03	0.01	0,004	0.8	0,21	0	3	0	0,08
SU-CGT-04	0	0,690	0.4	1,90	0	1	0.01	0,69
SU-CGT-05	0	0,008	0.5	0,26	0	1	0.01	0,04
SU-CU-01	0.04	0,009	1.4	1,34	1	37	0.02	0
SU-LACA-01	0.04	0,021	1.8	0,96	3	6	0.02	0,03
SU-ELCA-01	0.02	0,035	1.1	0,76	8	7	0.03	0,01
SU-ELCA 02	0.01	0,101	0.9	0,79	4	7	0	0,12

Continuación de la tabla 5

CÓDIGO DE MUESTRA	Nitratos (mg/L) Muestra 1	Nitratos (mg/L) Muestra 2	Plomo (mg/L) Muestra 1	Plomo (mg/L) Muestra 2	Mn (mg/L) Muestra 1	Mn (mg/L) Muestra 2	Alcalinidad Total Muestra 1	Alcalinidad Total Muestra 2
Valor Máximo Admisible por la NCAPH	50	50	0.01	0.01	0.5	0.01		
MA-LAGUNA	0.9	MNE	nd	MNE	0.004	MNE	30	MNE
CURURO	1.5	0,8	nd	0,005	0.099	0,012	38	54
CHORRITO	1.0	0,6	nd	0,006	nd	0,010	34	52
LLA-LT-01	0.6	1,5	nd	0,001	0.002	0,001	0.008	34
LLA-LPI-01	0.6	0,9	0.001	0,01	nd	nd	0.018	16
LLA-LA-01	0.7	0,7	0.001	0,011	nd	0,001	0.028	16
LLA-LA-02	0.6	1	nd	0,007	0.001	0,001	0.016	16
LLA-LA-03	1	MNE	nd	MNE	nd	MNE	0.018	MNE
LLA-LPA-01	0.9	0,7	0.001	0,013	0.003	0,001	0.042	10
LLA-CU-01	0.7	0,7	nd	0,007	0.001	0,008	0.014	14
LLA-CU-02	0.7	1,1	MNE	0,008	MNE	ND	MNE	12
LLA-CU-03	0.7	0,8	nd	0,008	0.006	ND	0.032	16
LLA-CU-04	1.2	0,2	nd	0,009	0.002	0,001	0.014	142
LLI-TRT-01	0.8	0,2	nd	0,007	0.005	0,003	0.016	22
LLI-TRT-02	0	1,1	0.001	nd	0.005	0,003	0.02	14



LLI-TRT-03	MNE	0,7	0.001	0,007	0.003	0,003	0.022	28
LLI-CBC-01		0,4	0.001	0,01	0.001	0,001	0.012	8
LLI-EE-01		0,4	nd	0,007	0.014	nd	0.04	34
LLI-MNT-01		0,8	0.003	0,004	0.002	0,001	0.018	8
VI-TA-01	1	1,8	nd	nd	0.003	nd	0.122	124
VI-TA-02	0.9	1,3	nd		0.003	0,010	0.22	274
VI-TA-03	0.8	1,2	nd		0.001	0,020	0.252	272
VI-TA-04	0.8	1,3	0.002	0,001	0.005	0,007	0.284	248
VI-GCP-01	0.8	1,2	nd	0,006	0.011	0,001	0.232	206,0
VI-MNZ-01	0.9	0,7	nd	nd	nd	nd	282.22	356,0
VI-CU-01	1	1,4	nd	0,009	0.001	nd	0.236	322
VI-LOJI-01	1.6	1	nd	nd	0.002	nd	0.202	332,0
VI-LCAR-01	1	0,8	nd	0,003	0.002	nd	0.308	412
VI-LCAR-02	1.2	0,7	0.001	0,001	0.002	0,001	0.242	320
VI-LCAR-03	1.2	1,4	0.001	0,001	nd	nd	0.316	372
VI-LCAR-04	1.7	0,7	nd	nd	0.001	0,006	0.294	394
VI-LCAR-05	0.8	1,6	nd	0,005	0.002	nd	0.068	64
VI-LCAR-06	0.12	0,7	nd	0,014	0.001	0,001	0.182	296
SU-CGT-01	0.9	1,2	nd	0,006	0.001	0,002	0.304	296
SU-CGT-02	1.1	1,2	nd	0,007	0.294	0,001	0.308	270
SU-CGT-03	1.2	2	nd	0,004	nd	nd	0.322	398
SU-CGT-04	0.5	0,1	nd	0,008	0.024	2,109	0.236	280
SU-CGT-05	0.7	1,1	nd	0,001	0.003	0,001	0.32	306
SU-CU-01	1.2	1,3	nd	0,012	0.001	0,001	0.162	358
SU-LACA-01	1.1	0,9	nd	0,009	nd	0,001	0.188	252
SU-ELCA-01	1.0	0,8	0.001	0,009	nd	nd	0.256	320
SU-ELCA-02	0.9	0,2	nd	0,008	0.002	0,001	0.15	220

Continuación de la tabla 5

CÓDIGO DE MUESTRA	Sodio+ (mg/L) Muestra 1	Sodio+ (mg/L) Muestra 2	Cloruros (mg/L) Muestra 1	Cloruros (mg/L) Muestra 2
Valor Máximo Admisible por la NCAPH	200	200	250	200
MA-LAGUNA	4.94	MNE	7.6	MNE
CURURO	2.63	4,35	2.9	3,9
CHORRITO	1.58	1,12	1.2	1,4
LLA-LT-01	2.38	2,35	1.1	1
LLA-LPI-01	3.66	3,57	0.9	1,2
LLA-LA-01	2.35	2,35	0.6	1,1
LLA-LA-02	2.7	2,11	2.1	3,8
LLA-LA-03	4.27	MNE	MNE	MNE
LLA-LPA-01	1.5	2,98	1	2,1
LLA-CU-01	2.71	2,72	MNE	1,3
LLA-CU-02	MNE	3,61	2	1
LLA-CU-03	4.85	3,31	10.9	1
LLA-CU-04	2.9	14,66	1.1	3
LLI-TRT-01	3.83	6,6	3.3	2,5
LLI-TRT-02	6.24	6,32	12.9	7,7
LLI-TRT-03	4.73	5,79	4.8	3,7
LLI-CBC-01	0.88	0,65	1.7	1,1
LLI-EE-01	0.92	1,32	2	0,9
LLI-MNT-01	1.11	1,02	0.7	1,1
VI-TA-01	0.96	0,85	MNE	1,6
VI-TA-02	0.001	1,04	2.2	1,7
VI-TA-03	1.59	1,83	0.7	1,2
VI-TA-04	1.77	1,83	1.9	2,1
VI-GCP-01	1.56	2,31	2.8	1,8
VI-MNZ-01	5.35	6,75	1.7	2,1

VI-CU-01	2.63	3,93	1.9	2
VI-LOJI-01	1.4	1,53	2	1,8
VI-LCAR-01	1.64	2,52	3.4	1,6
VI-LCAR-02	2.34	4,07	1.8	2,6
VI-LCAR-03	2.24	1,54	1	2,2
VI-LCAR-04	5.45	5,33	1.6	2,2
VI-LCAR-05	1.91	0,62	1.1	1,6
VI-LCAR-06	3.53	5,67	1.8	1,8
SU-CGT-01	2.57	2,68	5.1	2,5
SU-CGT-02	2.1	2,2	1.4	1,6
SU-CGT-03	3.66	4,3	MNE	2
SU-CGT-04	2.28	2,15	1.1	2,3
SU-CGT-05	3.61	4	1.9	2
SU-CU-01	1.39	26,51	1	11,4
SU-LACA-01	3.75	5,85	1.9	2,6
SU-ELCA-01	7.4	8,22	3.1	3,7
SU-ELCA 02	2.99	4,15	3.2	3,1

SIMBOLOGÍA

NCAPH	Norma de Calidad del Agua Potable de Honduras
MNE	muestra no encontrada
	muestra contaminada al momento de almacenar
	Interferencias no identificadas
Letra Roja	concentración por encima del máximo permitido por la NCAPH
nd	no detectable

6.2 Interpretación de los resultados

Para hacer un análisis más detallado se separaron las muestras en tres grupos diferentes según su comportamiento iónico en los diagramas de Schoeller que se muestran a continuación. Cabe mencionar que del total de muestras recibidas solo se incluyeron aquellas a las que se les realizaron la cabalidad de los análisis.

6.2.1 Conjunto A

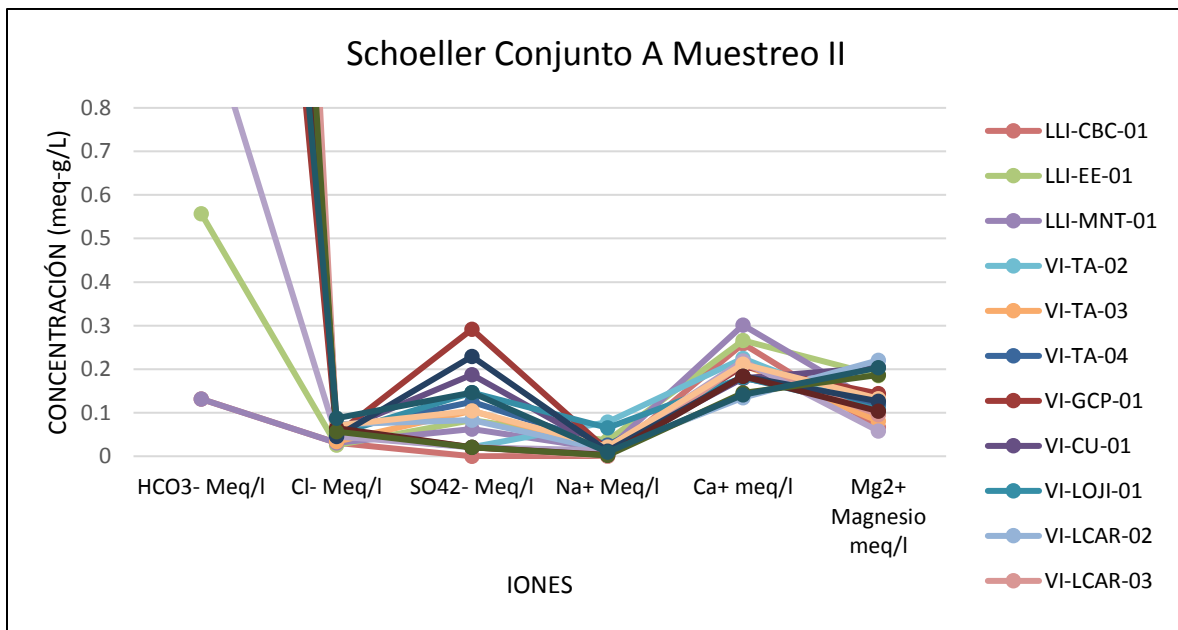
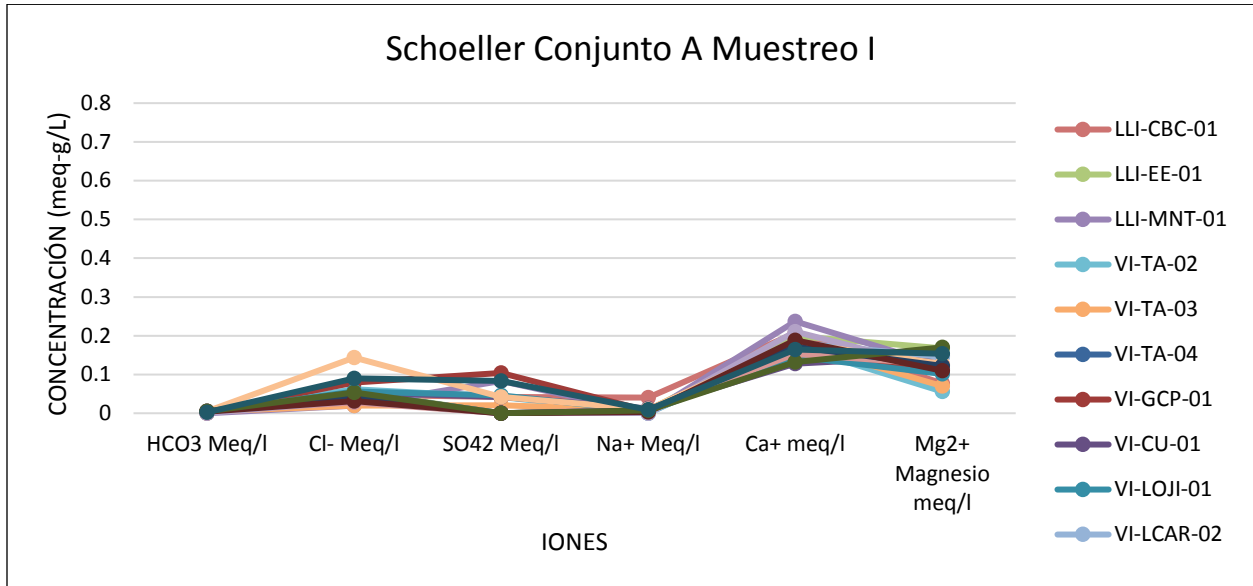


Figura 1. Diagrama de Schoeller para el conjunto de muestras “A” en temporadas lluviosa y seca.

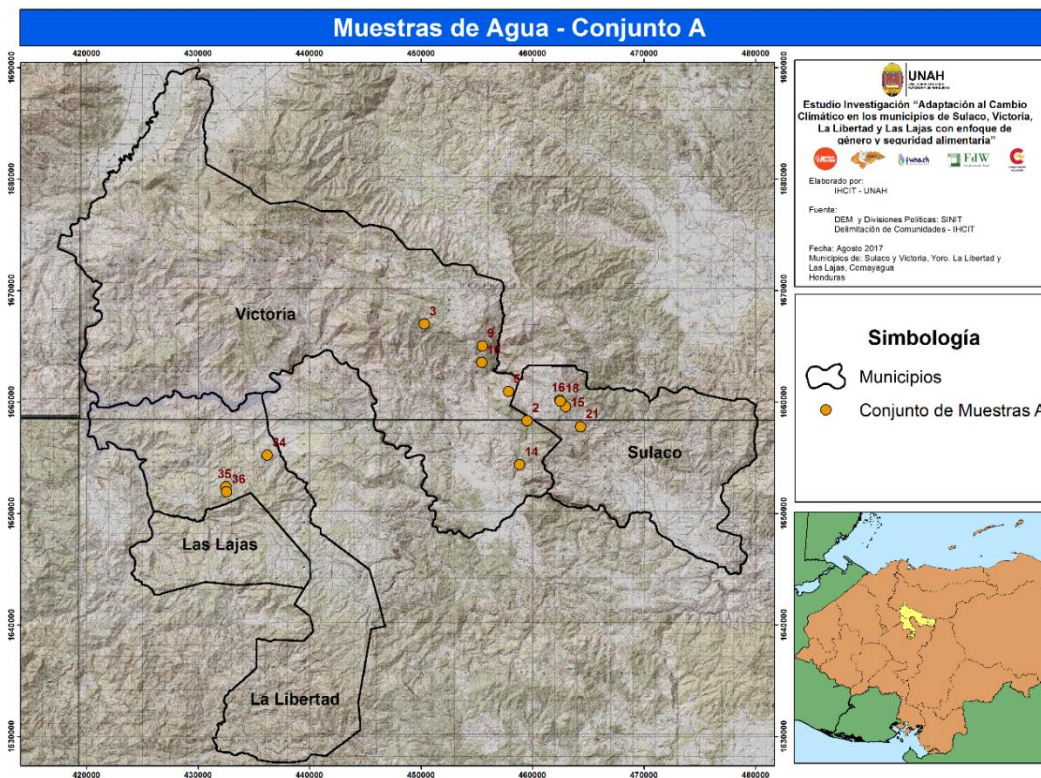


Figura 2. Localización geográfica de las muestras del conjunto de muestras "A".

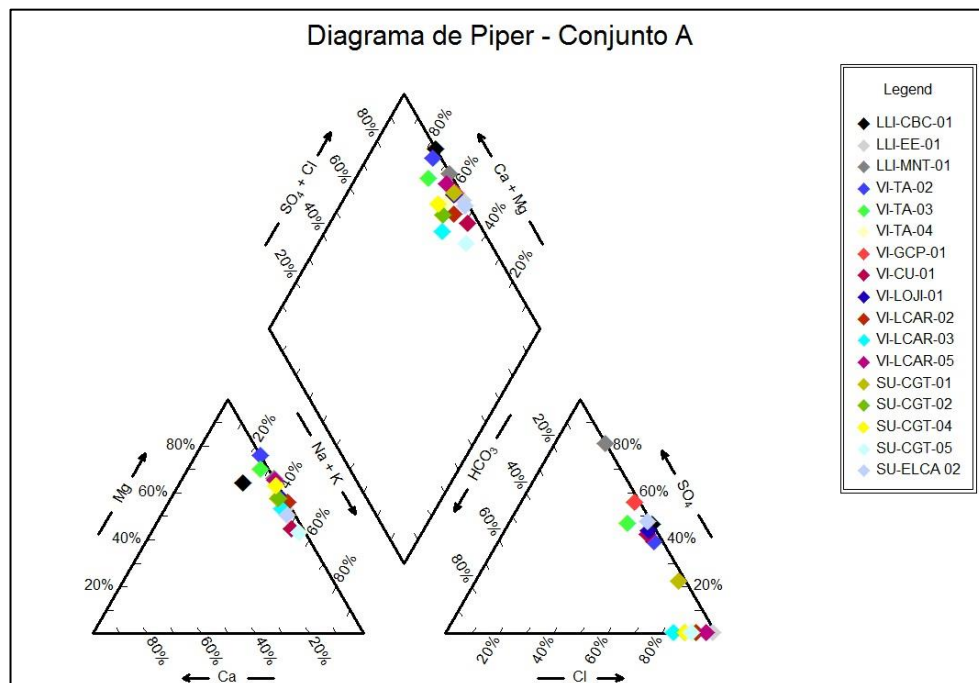


Figura 3. Diagrama de Piper para clasificación del tipo de agua según la carga iónica para el conjunto A.

Tabla 6. Listado de muestras que comprenden el Conjunto A.

CONJUNTO A						
CÓDIGO	Nombre de la Toma	X	Y	Z	CLASIFICACIÓN DIAGRAMA DE PIPER MUESTREO I	CLASIFICACIÓN DIAGRAMA DE PIPER MUESTREO II
LLI-CBC-01	Cabeceras, Toma 1	432506	1652441	808	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
LLI-EE-01	Cabeceras, Toma 2	432543	1651984	821	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
LLI-MNT-01	Encinal y Montañuelas	436190	1655278	591	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
VI-TA-02	Pozo Melecio				SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
VI-TA-03	Chaguite del Cedro o Pozo de Tacha	457825	1660981	1179	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
VI-TA-04	Pozo de Prudencia	-	-	-	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
VI-CGP-01	Guachipilín	450288	1667052	1154	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
VI-CU-01	Victoria, Casco Urbano	458816	1654415	531	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
VI-LOJI-01	Lomas del Jícaro	459511	1658358	1116	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
VI-LCAR-02	Laguna de Cárcamo	455488	1665053	1109	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
VI-LCAR-03	Laguna de Cárcamo	455445	1663581	1002	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
VI-LCAR-05	Los Olingos				SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
SU-CGT-01	Chagütillo	462951	1659616	1293	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
SU-CGT-02	Monte Galán	462433	1660203	1395	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
SU-CGT-04	Monte Galán	462486	1660120	1395	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
SU-CGT-05	El Pozo de Juan				SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA
SU-ELCA-02	El Carrizal	464300	1657831	832	SULFATADA CÁLCICA	BICARBONATADA SULFATADA CÁLCICA

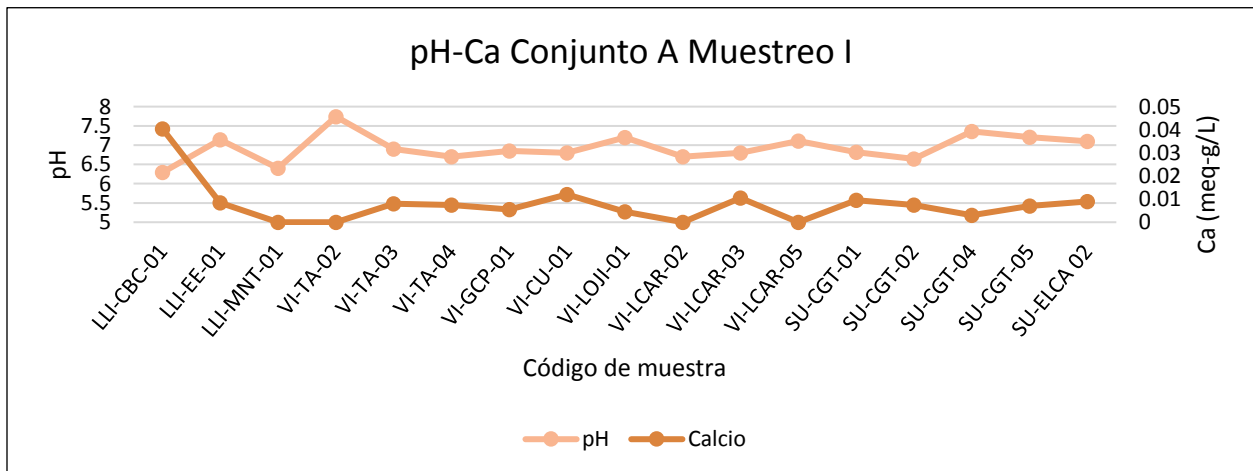


Figura 4. Diagrama de comportamiento del Calcio con respecto al pH de la muestra en el Conjunto A.

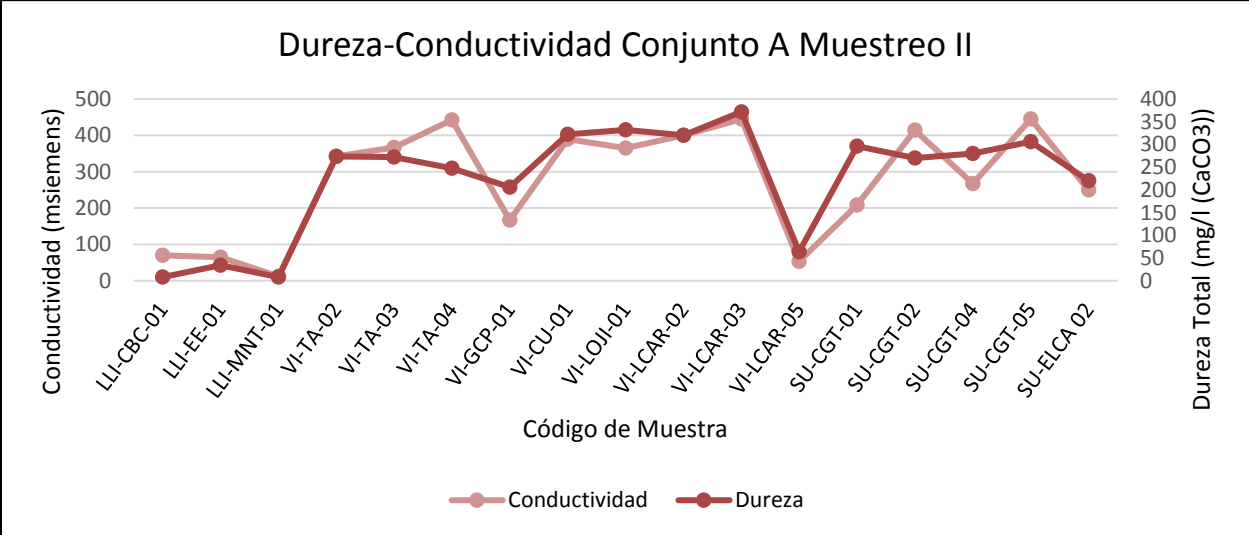
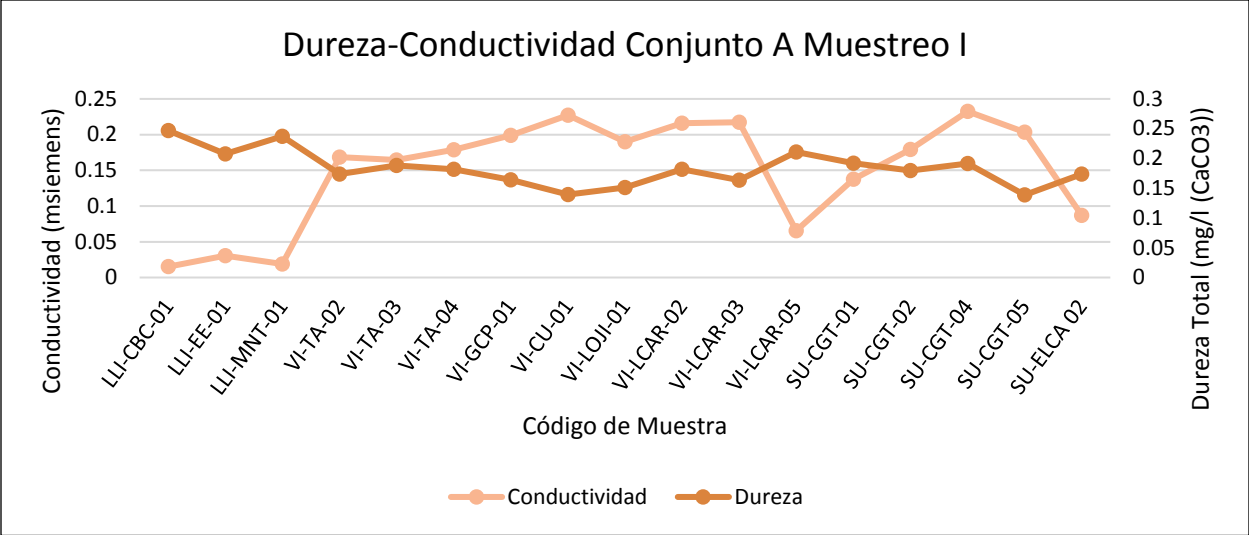


Figura 5. Diagrama de comportamiento de la conductividad del agua según el contenido de dureza en el Conjunto A.

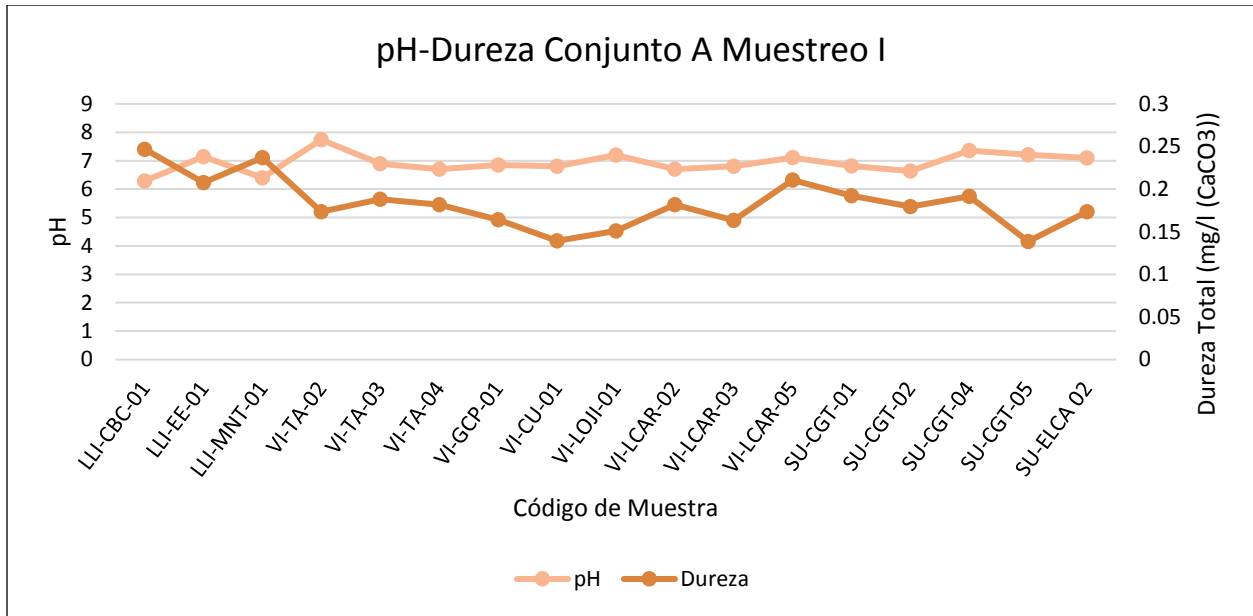


Figura 6. Comportamiento del pH del agua según la presencia de dureza en el Conjunto A.

Características Generales del Conjunto de Muestras A
$7.7 \geq \text{pH} \geq 6.3$
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$
$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$

El tipo de agua que predomina en el conjunto de muestras A es Sulfatada-Cálcica tanto para el primer muestreo en época de lluvia como en el segundo muestreo en temporada seca, usualmente este tipo de agua superficial o de infiltración adquiere su mineralización al atravesar capas de yeso de suelo sedimentario.

Por el rango de pH medido en el laboratorio para estas muestras, y, asumiendo que la variación de este desde el momento de la toma hasta su medición fue insignificante, es de esperar que la cantidad de metales disueltos encontrados en el agua sea bastante baja.

6.2.2 Conjunto B

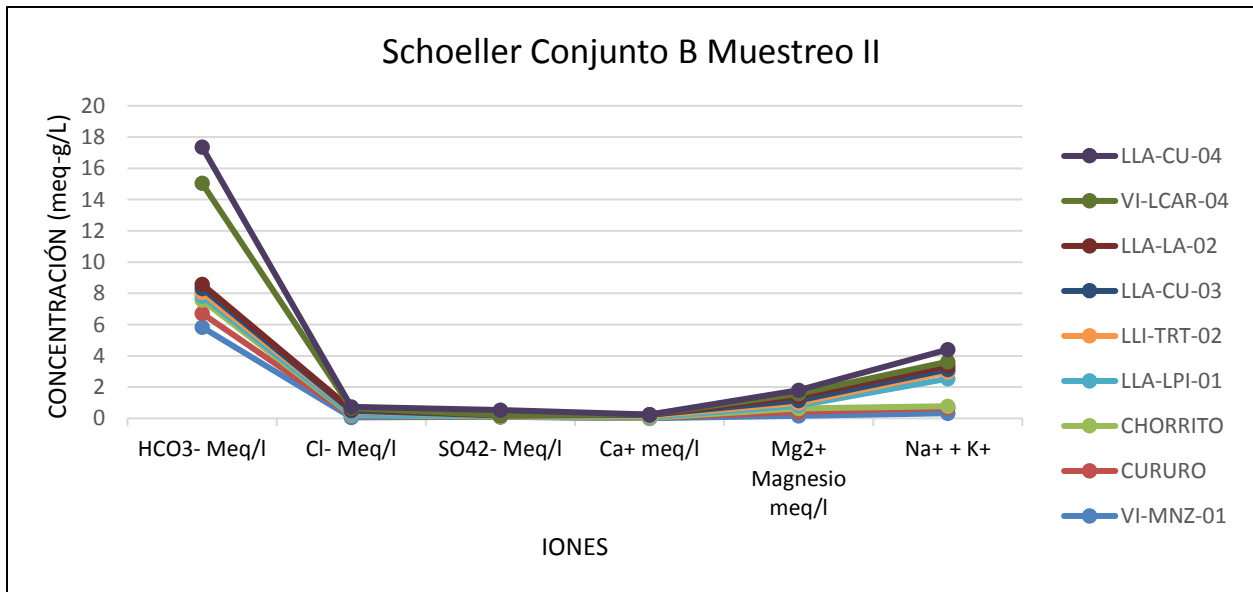
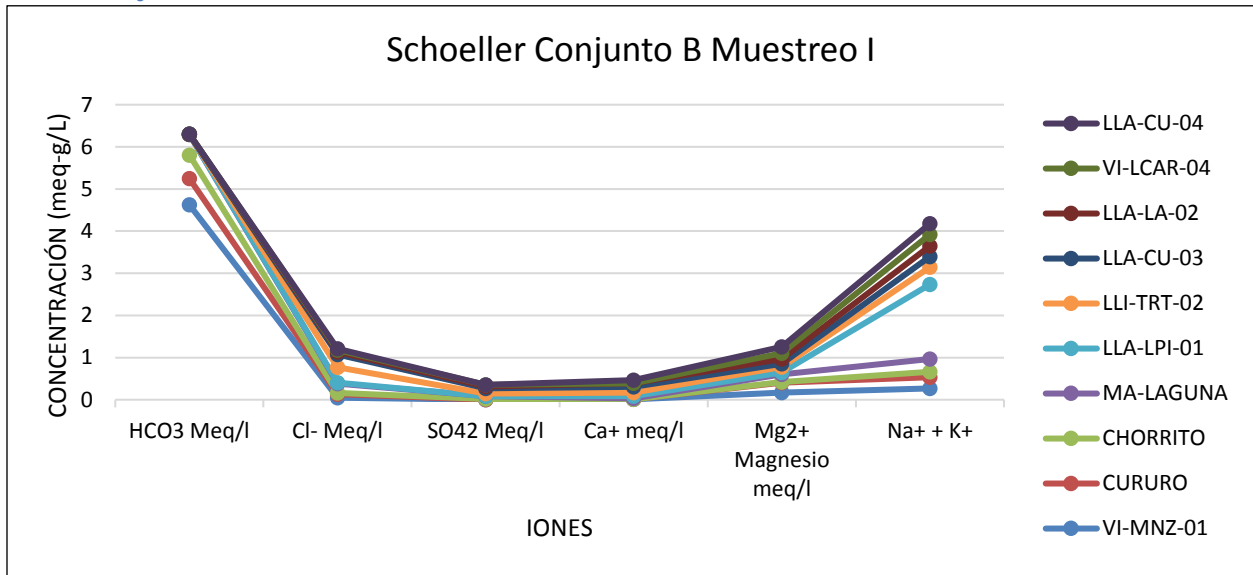


Figura 7. Diagrama de Schoeller para el conjunto de muestras “B” en temporada lluviosa y seca.

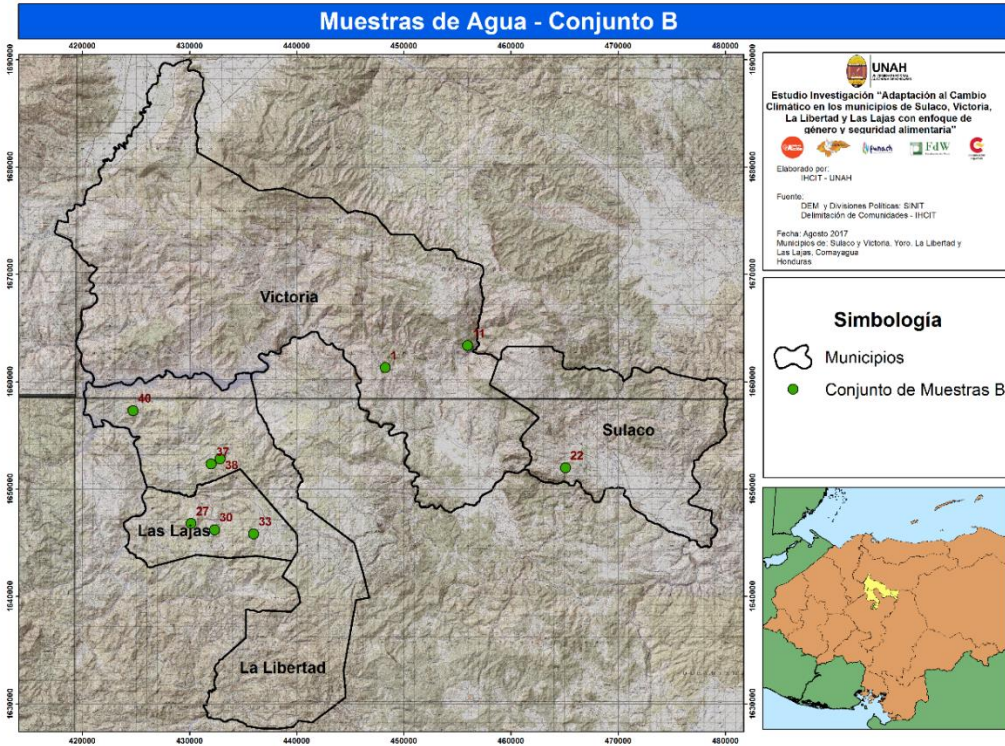


Figura 8. Localización geográfica de las muestras del conjunto de muestras "B".

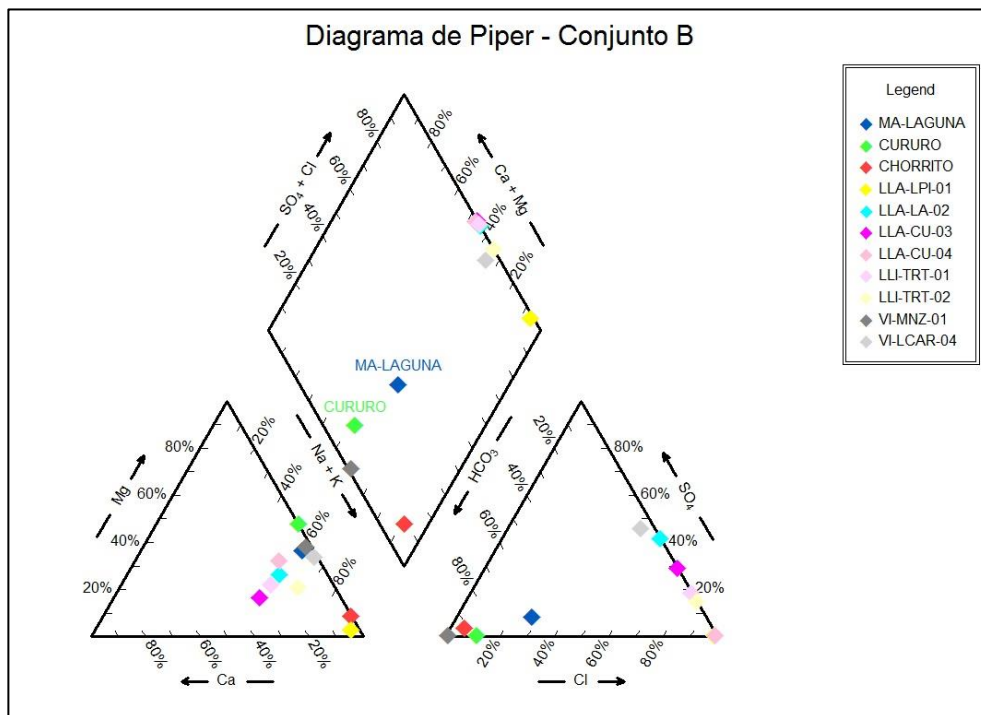


Figura 9. Diagrama de Piper para clasificación del tipo de agua según la carga iónica para el conjunto B.

Tabla 7. Listado de muestras que comprenden el Conjunto B.

CONJUNTO B					
CÓDIGO		X	Y	Z	CLASIFICACIÓN CON EL DIAGRAMA DE PIPER
LLA-CU-03	Barrio Suyapa	435968	1645851	1174	CLORURADA SÓDICA
LLA-CU-04	El Carrizal, Toma 3 (SU-ELCA-03)	465068	1652006	500	CLORURADA SÓDICA
LLA-LA-02	La Arena	430135	1646827	825	CLORURADA SÓDICA
LLA-LPI-01	Las Piñas	432332	1646228	902	CLORURADA SÓDICA
LLI-TRT-02	El Pozón				CLORURADA SÓDICA
VI-LCAR-04	Nicaragüita	455930	1663380	809	CLORURADA SÓDICA
MA-LAGUNA	Las Lagunas	424727	1657333	647	BICARBONATADA SÓDICA
CHORRITO	Cabeceras, Toma 4	432831	1652841	744	BICARBONATADA SÓDICA
CURURO	Cabeceras, Toma 3	432004	1652355	862	BICARBONATADA SÓDICA
VI-MNZ-01	Mendez	448258	1661327	643	BICARBONATADA SÓDICA

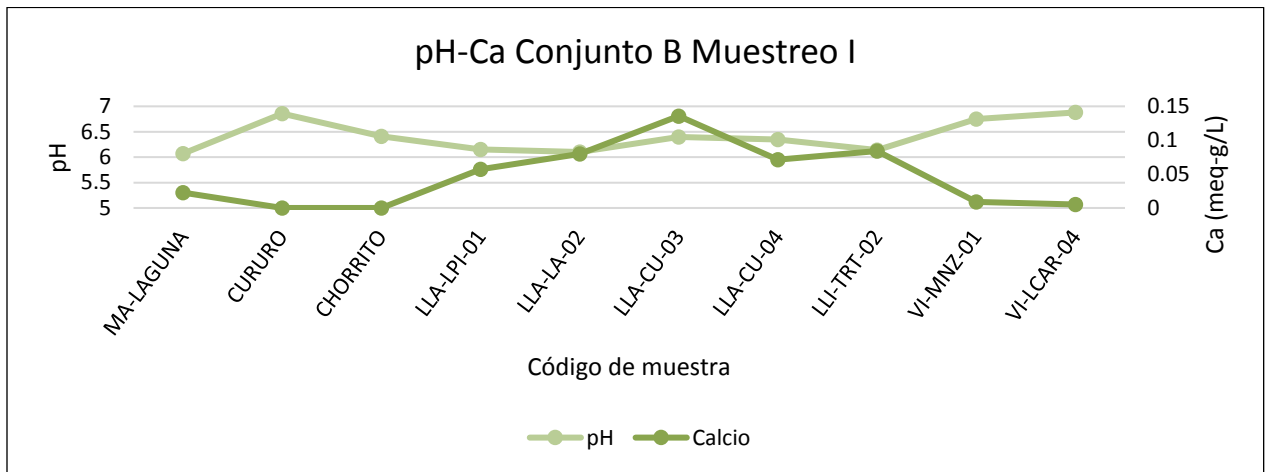


Figura 10. Diagrama de comportamiento del Calcio con respecto al pH de la muestra en el Conjunto B.

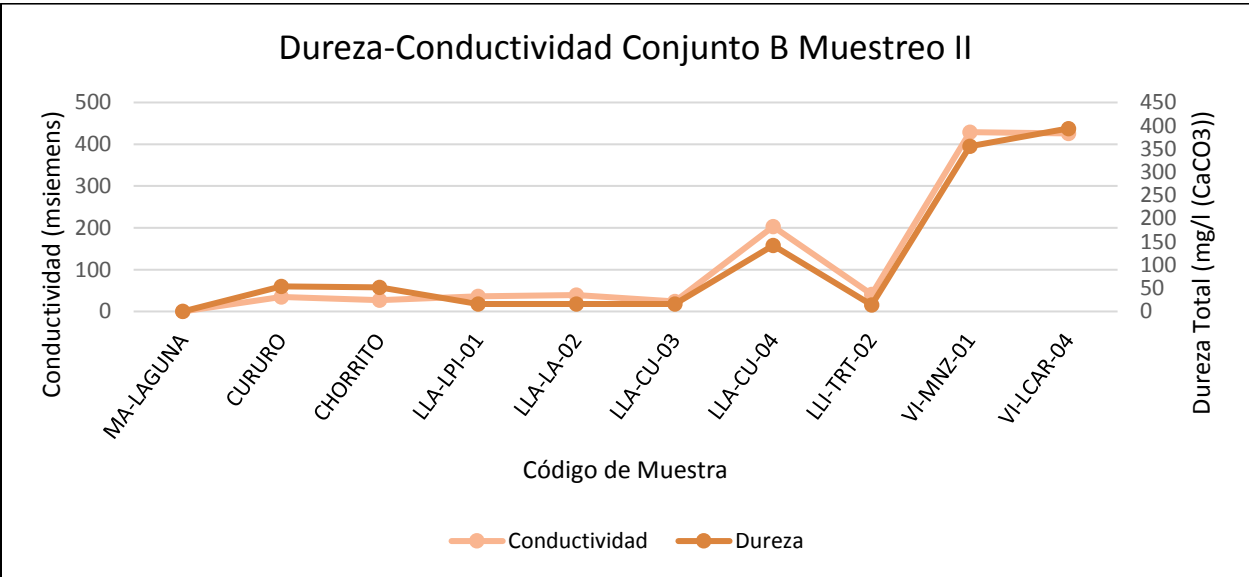
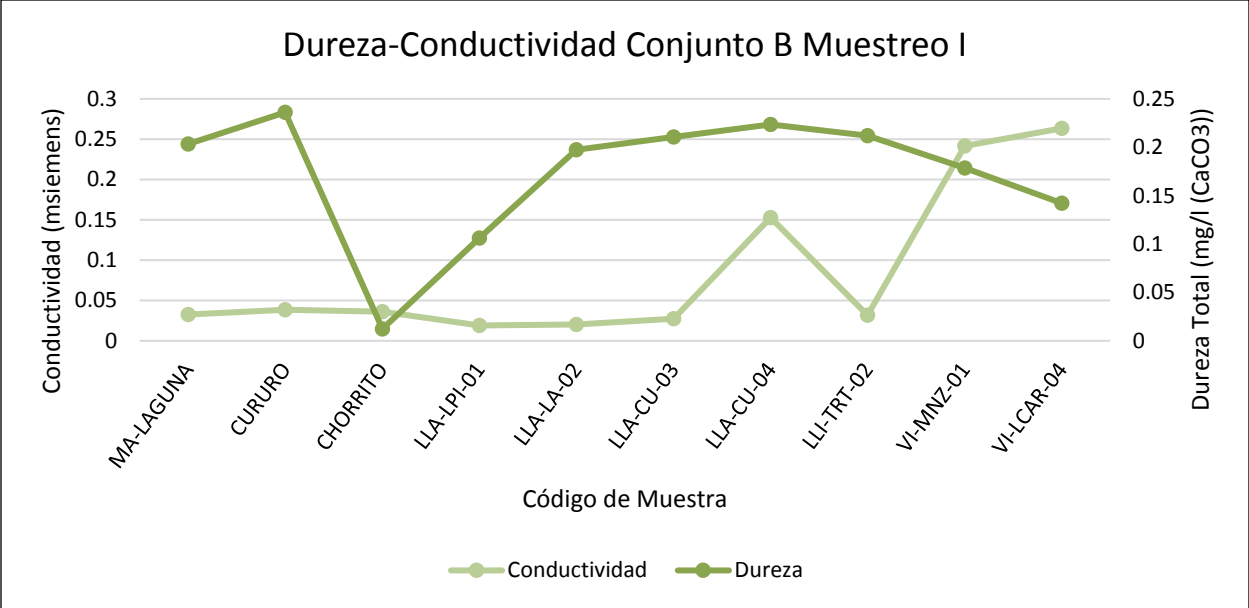


Figura 11. Diagrama de comportamiento de la conductividad del agua según el contenido de dureza en el Conjunto B.

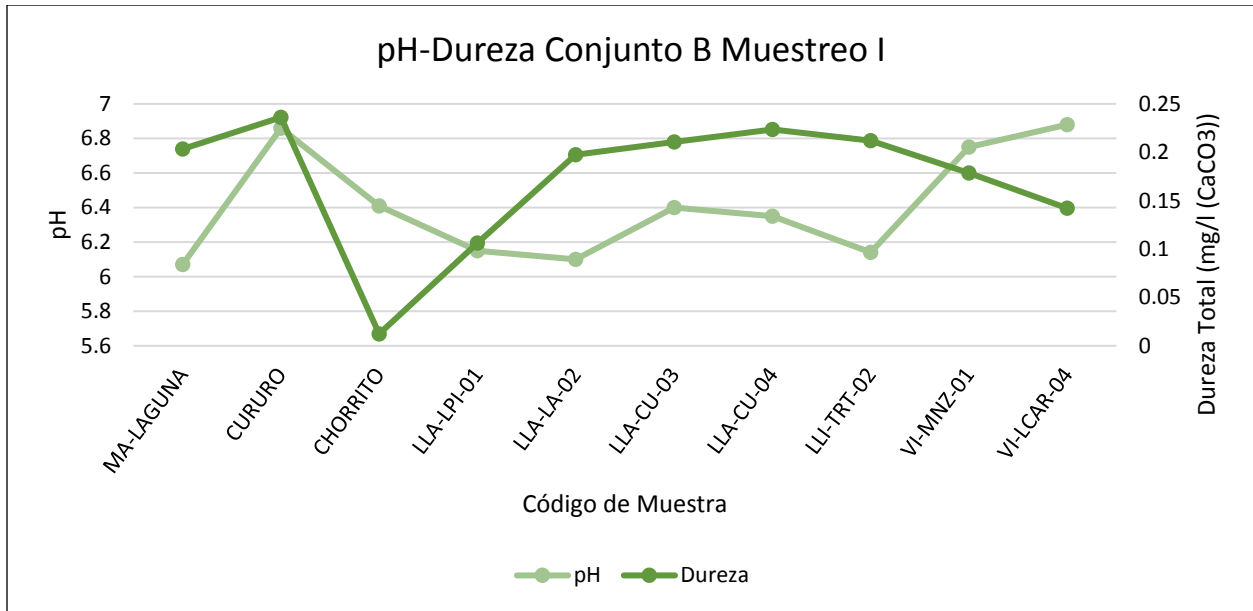


Figura 12. Comportamiento del pH del agua según la presencia de dureza en el Conjunto B.

Características Generales del Conjunto de Muestras B
$6.9 \geq \text{pH} \geq 6.1$
$\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$
$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$

El conjunto de muestras B se divide en dos subconjuntos, el primero presenta un tipo de agua clorurada sódica, la cual en la naturaleza se asocia con el procesos de infiltración a través de minerales como cloruros de potasio y sodio, carnalita o bischofita; y el segundo subconjunto presenta un agua del tipo bicarbonatada sódica, este tipo de predominancia se da en agua con baja mineralización, el comportamiento para ambos subconjuntos se mantiene para la temporada seca con una disminución en la concentración de cloruros.

Así como en el caso del conjunto de muestras A y seguidamente por el conjunto de muestras C, por el rango de pH medido en el laboratorio para estas muestras, y, asumiendo que la variación de este desde el momento de la toma hasta su medición fue insignificante, es de esperarse que la cantidad de metales disueltos encontrados en el agua sea baja en ambas temporadas.

6.2.3 Conjunto C

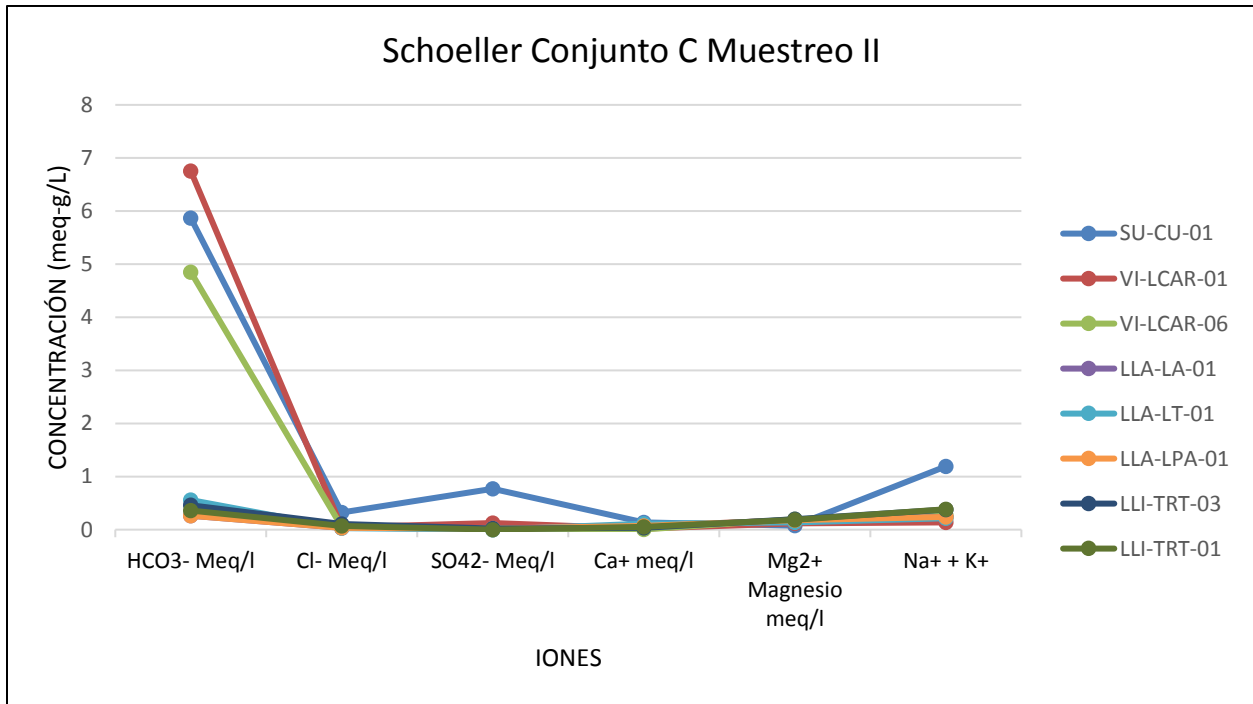
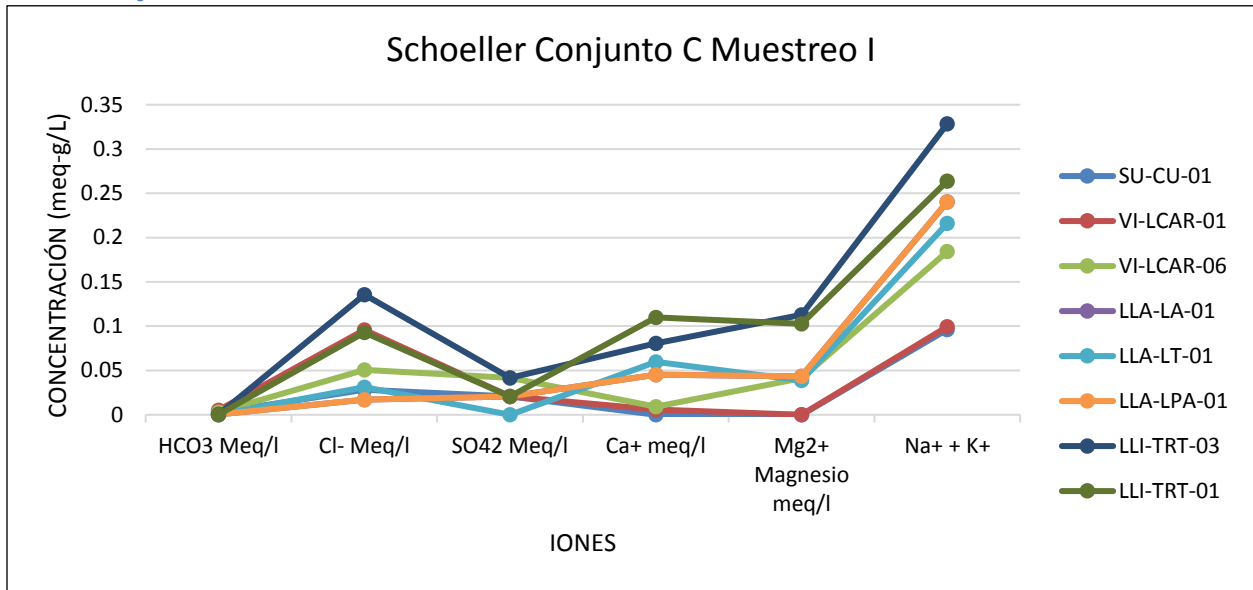


Figura 13. Diagrama de Schoeller para el conjunto de muestras “C” en temporada lluviosa y seca.

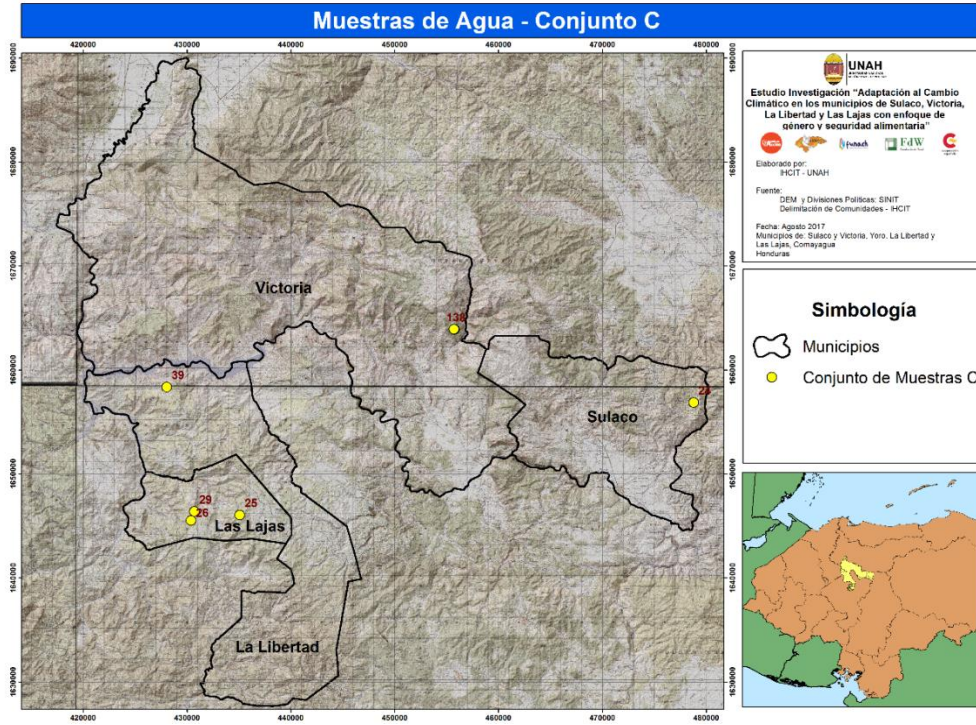


Figura 14. Localización geográfica de las muestras del conjunto de muestras "C".

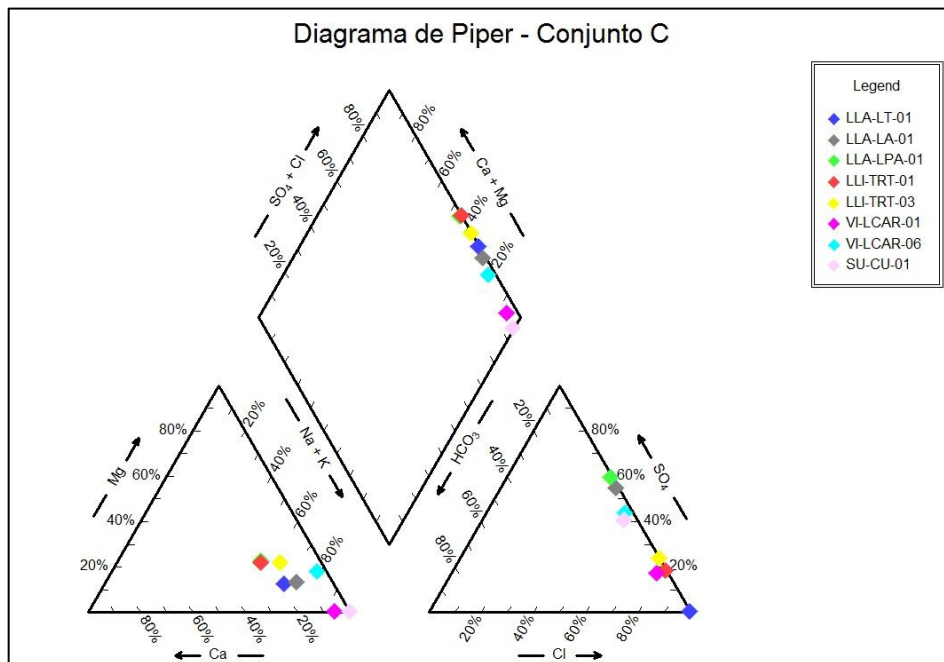


Figura 15. Diagrama de Piper para clasificación del tipo de agua según la carga iónica para el conjunto C.

Tabla 8. Listado de muestras que comprenden el Conjunto C.

CONJUNTO C						
CÓDIGO		X	Y	Z	CLASIFICACIÓN CON EL DIAGRAMA DE PIPER MUESTREO I	CLASIFICACIÓN CON EL DIAGRAMA DE PIPER MUESTREO II
LLA-LA-01	Monte Largo	430373	1645558	935	CLORURADA SÓDICA	BICARBONATADA SÓDICA
LLA-LPA-01	La Parra	430696	1646420	875	CLORURADA SÓDICA	BICARBONATADA SÓDICA
LLA-LT-01	La Trinidad	435069	1646076	1154	CLORURADA SÓDICA	BICARBONATADA SÓDICA
LLI-TRT-01	Terreritos	428041	1658383	593	CLORURADA SÓDICA	BICARBONATADA SÓDICA
LLI-TRT-03	La Pilona				CLORURADA SÓDICA	BICARBONATADA SÓDICA
SU-CU-01	Sulaco, Casco Urbano	478772	1656898	1068	CLORURADA SÓDICA	BICARBONATADA SÓDICA
VI-LCAR-01	Laguna de Cárcamo	455749	1663902	961	CLORURADA SÓDICA	BICARBONATADA SÓDICA
VI-LCAR-06	El Higuero	455686	1663942	990	CLORURADA SÓDICA	BICARBONATADA SÓDICA

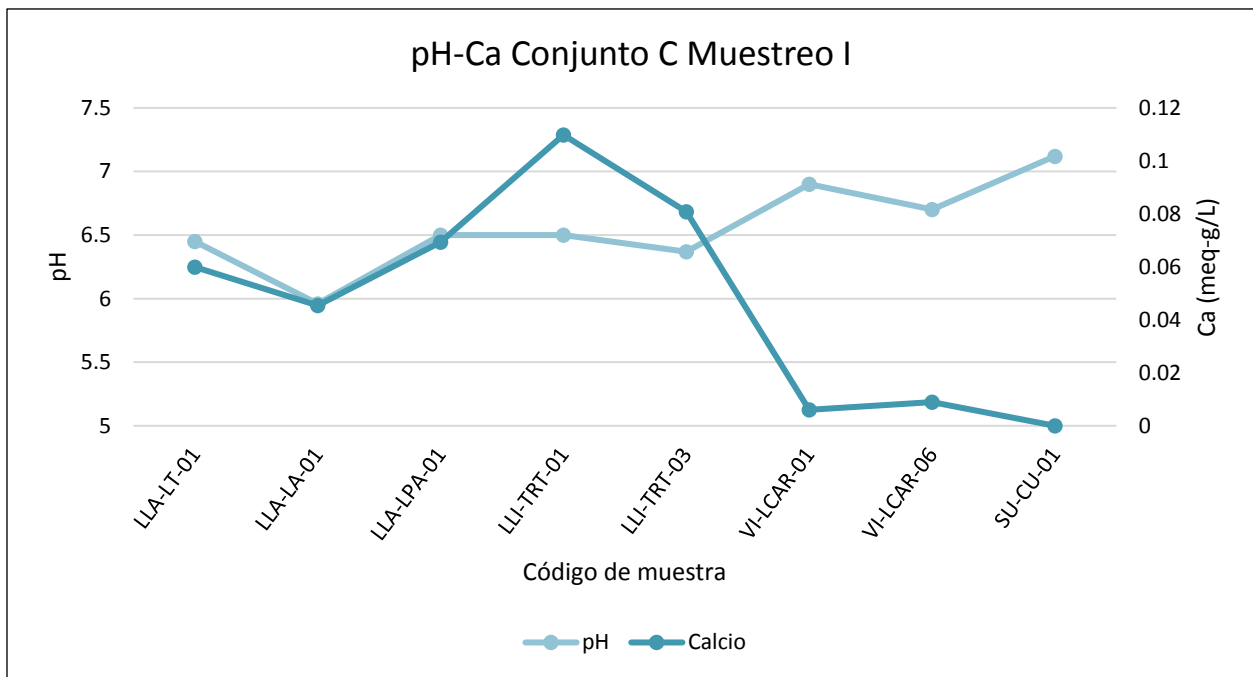


Figura 16. Diagrama de comportamiento del Calcio con respecto al pH de la muestra en el Conjunto C.

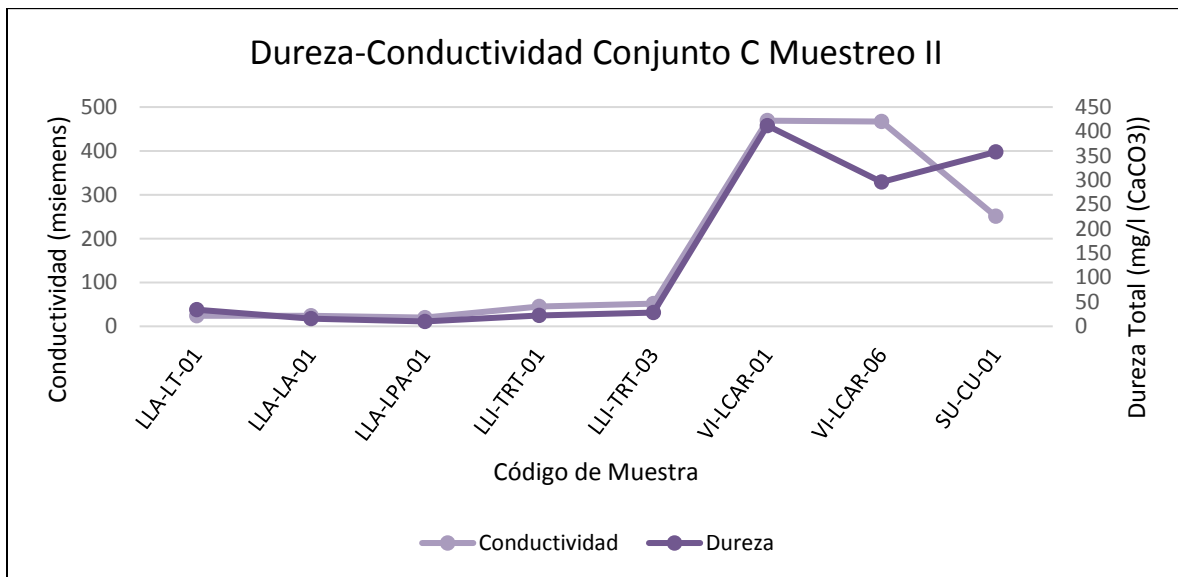
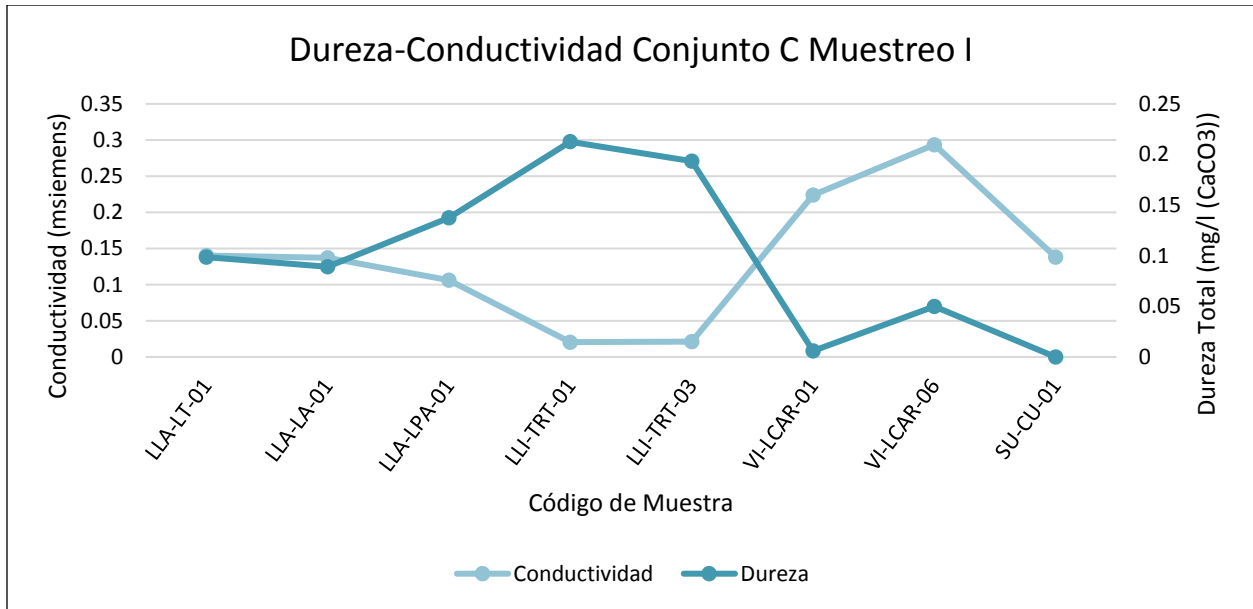


Figura 17. Diagrama de comportamiento de la conductividad del agua según el contenido de dureza en el Conjunto C.

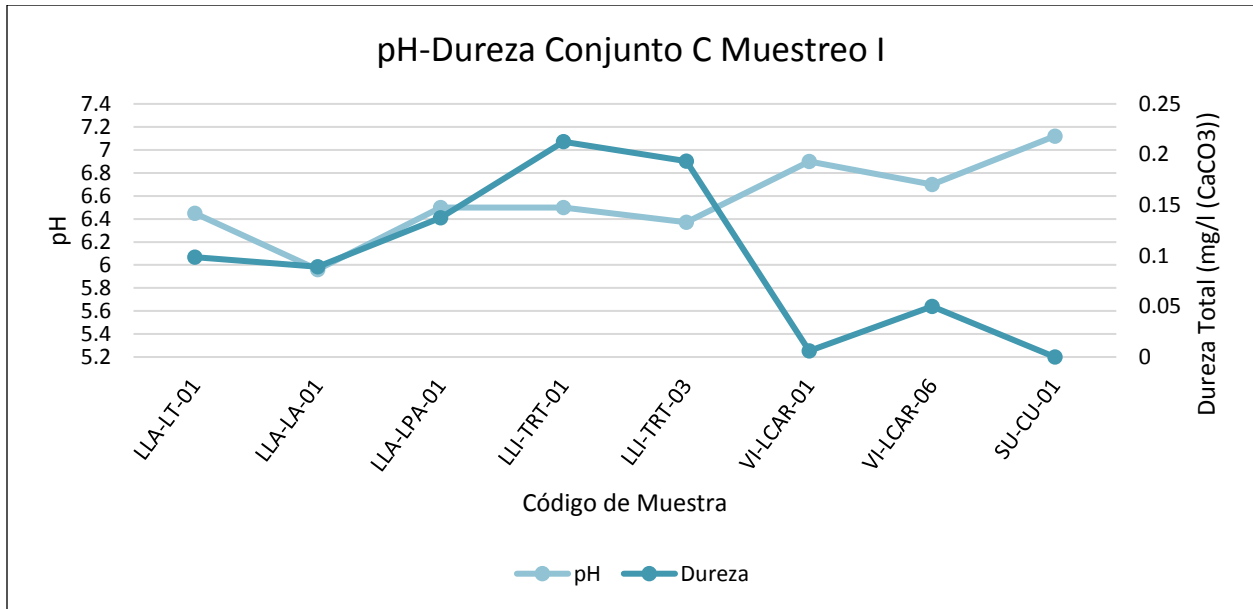


Figura 18. Comportamiento del pH del agua según la presencia de dureza en el Conjunto C.

Características Generales del Conjunto de Muestras C
$7.1 \geq \text{pH} \geq 5.9$
$\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$
$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$

Este conjunto de muestras entró en la clasificación de clorurada sódica para la temporada de lluvia y bicarbonatada sódica en temporada seca cuyo origen fue discutido previamente para los subconjuntos de muestras del conjunto B, con una mayor concentración de cloruros que de bicarbonatos en temporada lluviosa caso contrario en temporada seca cuando la concentración de bicarbonatos aumenta por la disminución en la cantidad de agua.

7 Conclusiones

- En general la concentración de metales pesados en las muestras de agua fueron menores que los máximos permisibles según la norma técnica de la calidad del agua a excepción de algunos resultados de análisis de hierro, sin embargo en la temporada seca varias muestras reflejaron valores cercanos al límite permisible para el plomo aunque ninguna lo sobrepasó.
- Los resultados de los análisis de bicarbonatos en el conjunto de muestras C muestran cómo puede cambiar la clasificación del tipo de agua por el hecho de concentrarse al disminuir las lluvias y por ende la cantidad de agua en las fuentes.

- Ya que en su mayoría en las fuentes de agua que formaron parte del estudio no hay presencia de contaminantes en cantidades peligrosas las personas que consumen este recurso pueden darle un tratamiento sencillo como utilizar filtros de arena y cloración.

8 Recomendaciones

- Debido al aumento en la concentración de plomo en la temporada seca sería prudente monitorear la presencia de este metal a lo largo del año para cerciorarse de que no llegue a niveles en que ponga en riesgo la salud de los pobladores.
- Realizar monitoreos constantes de las características fisicoquímicas (alcalinidad, dureza, pH, DBO, DQO, turbiedad, color verdadero, olor, sólidos disueltos y sólidos suspendidos) de las fuentes de agua en las comunidades, además de la presencia de coliformes fecales, metales pesados, nutrientes y otros compuestos orgánicos e inorgánicos producto de las actividades domésticas y agrícolas que se dan en las comunidades puede facilitar la elaboración y ejecución de un plan de tratamiento de agua.

9 Bibliografía

- Bourdeth, M. (2017). *Investigación Adaptación al Cambio climático en los Municipios de Sulaco, Victoria (Yoro), La Libertad y Las Lajas (Comayagua) con enfoque de género y seguridad alimentaria. / Informe de procesos y resultados de labores del especialista en antropología*. Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra, Tegucigalpa, M.D.C.
- Carranza, J., Torrez, D., & Vallejo, J. (2017). *Componente Ambiental, Investigación Adaptación al Cambio Climático en los municipios de Sulaco, Victoria (Yoro), La Libertad y Las Lajas (Comayagua) con enfoque de género y seguridad alimentaria*.
- Ministerio de Salud. (31 de Julio de 1995). Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable. Tegucigalpa, Francisco Morazán, Tegucigalpa.
- Perez Porto, J., & Merino, M. (2009). *Definición de Agricultura*. Obtenido de Definicion.de:
- Ruiz, M. (2017). *Geología del área de influencia del proyecto "Adaptación al cambio climático en los municipios de Sulaco, Victoria (Yoro), La Libertad y Las Lajas, (Comayagua) con enfoque de género y seguridad alimentaria"*. Tegucigalpa.
- The Gale Group Inc. (2010). *The Great Soviet Encyclopedia* (3era ed.). Moscow.
- Trejo, M. T. (2017). *Estudio para la Caracterización Edáfica y por Capacidad de uso de la Tierra de las cuencas de los Rios Sulaco y Humuya, Departamento de Yoro y Comayagua*. Tegucigalpa.